

福井工業大学におけるCGシステムとCG教育

加藤 芳 信*・平野 忠 男*

CG System and CG Education in Fukui University of Technology

Yoshinobu KATO and Tadao HIRANO

Fukui University of Technology introduced a CG (Computer Graphics) educational system in 1991. It consists of two subsystems, i.e., a CG-CAD-CAI educational system and a CG-design educational system. The former, which contains 55 personal computers PC-9801RA21's, is installed in the CG room. The latter, which contains 51 personal computers MacintoshIIcx's, is installed in the MAC room. The major subjects in CG education in the Department of Electrical Engineering are, for example, CG programming with BASIC and LANDSAT image processing. Practical experiences by the use of these facilities are greatly beneficial to the students. This paper presents the details of the education programs being conducted.

1. まえがき

近年、大学を始め小・中・高等学校において、コンピュータ・グラフィクス (Computer Graphics: 以下、CGと略す) が授業に取入れられている[1-4]。福井工業大学 (以下、本学と言う) では、平成2年度文部省補助により「CG教育システム」が整備され、活用されている[5-7]。本報告では、CG教育システムの概要 (第2~4章)、及び、電気工学科で行われているCG教育 (第5, 6章) について紹介し、参考に供したい。「CG教育システム」は、2つのサブシステム、即ち、PC-9801RA21 (55台) を主体とした「CG-CAD-CAI教育システム」とMacintoshIIcx (51台) を主体とした「CGデザイン教育システム」から成る。電気工学科3年次開講の「コンピュータ・グラフィクス演習」の授業ではパソコンを用いて、BASICによるCGプログラミング実習と、LANDSAT衛星データの画像処理実習を行っている。

2. CG教育システムの導入経緯と概要[6, 7]

本学は工科大であり、特に、建設工学科において平成元年度入学生より専門的なCG教育が計画されていた。即ち、同建築学専攻において「設計製図」等での建築CAD (図面、外観・内観パース等)、同土木工学専攻において「造景デザイン」「土木景観計画学」等での景観シミュレーション、等を必要としていた。又、その他の学科でも、CGを含む各種情報処理教育を行うためのパソコンを多数必要としていた。そこで、建設工学科と電子計算機室 (現在の電子計算機センター) が中心となって、他の学科の要望も取入れて、「CG教育システム」 (2つのサブシステム「CG-CAD-CAI教育システム」と「CGデザイン教育システム」から成る) を計画し、平成2年度教育装置整備計画 (使用責任者: 建設工学科主任教授 江上外人) として5月に文部省に申請し、受理され、平成3年3月にシステムが導入された。尚、申請書の内容は、CAD (Computer Aided Design) データの互換性の指摘やデザインマインド (デザインする心、知性、感性、美的センス、プレゼンテーション能力を含む総合的概念を表す用語) の強調等、現在のCG及びCADの姿を予見した先進的なものであった。装置選定に当っては、まず教育・研究に必要なソフトウェアを選定し、次にそれらが動作するハードウェアを選定した。12~3月に教職員・大学院生・卒研究生を対象に講習会を行い、4月より授業で利用開始した。図1にシステム系統図を示す。付録2にハードウェア及びソフトウェア一覧を示す。

「CG-CAD-CAI教育システム」は、主に6号館2階のCG室 (大2.5スパン) に設置されている。MS-DOS系パソコンであるNECのPC-9801RA21 (55台、BRANCH4670II接続、MPU:80386+80387、RAM:5.6MB、1670万色フレームメモリ付、100MBハードディスク内蔵) により、CG教育、パソコンCAD教育、BASICやCの言語教育、LANDSAT衛星データの画像処理教育等が行われる。PC Semi LAの機能を用いて教卓より、学生端末の監視や画面提示、キーボード遠隔操作、ファイル転送等が可能である [写真1~7参照]。

* 電子計算機センター

「CGデザイン教育システム」は、主に6号館2階のMAC室（4スパン）に設置されている。ユーザインターフェースに優れたアップル社のMacintoshⅡcx（51台、Apple Talk接続、MPU:68030+68882、RAM:8MB、256色表示、80MBハードディスク内蔵）を用いて、CG教育やデザイン教育を行い、感性豊かなコンピュータ・マインドを育てることを目的とする。色彩表現には特に気を配ったハードウェア構成とし、著名なCGソフトウェアを各種用意している。教卓からの画面提示やビデオ教材提示等は、天井吊りの4台の29インチディスプレイで行う〔写真8～10参照〕。

尚、両システム共、教卓より6号館2階のCG準備室（大0.5スパン）に設置してあるキャノンのカラーレーザーコピーPIXEL Dio（GP-IBケーブル接続、B5～A3、400dpi、1670万色、IPU付）にカラー出力できる〔写真7参照〕。学生が作成するプログラムやデータは、5インチまたは3.5インチ・フロッピーにて学生自身が管理する。

3. ソフトウェア設定時の問題点と解決法の一例〔6〕

「CG・CAD・CAI教育システム」のPC-9801RA21の内蔵100MBハードディスクは、3つのドライブに分割設定されている。Aドライブ(20MB)には、MS-DOS ver.3.3B+B4670Ⅱ拡張DOSの下で、NECのCAIソフトPC Angle、PC SCA1、E-BASIC等、及びAドライブ指定のソフトを入れた。Bドライブ(40MB)には、MS-DOS ver.3.3Cの下で、N88-BASIC、Quick C、MIFES、DYNAPERS 3、スーパータブロー、画像処理ソフト〔10〕等を入れた。Cドライブ(40MB)には、MS-DOS ver.3.3Cの下で、木造建築CADソフト「アーキトレンド（在来フルセット）」を入れた。

この様に沢山のソフトがあると、動作環境の違いが生じる。例えば、BドライブにおけるCONFIG.SYSとして①N88-BASICやDYNAPERS 3の場合、FILES=30、BUFFERS=20、EMS 4MB、②PIXSPOTの場合、FILES=20、BUFFERS=20、RAMDISK 4MB、③DYNAPIX Vの場合、FILES=5（フリーメモリが550KB必要）が要求される。このような場合、通常はCONFIG.SYSを書き直し、ハンドリセットすることにより、始めて環境の変更が出来る〔16〕。しかし、教育で使うのであるから、ソフトを指定するだけで環境を自動切換する方法が必要である。本学で採用した方法は当時としては最新のREBOOTである。

4. CG教育システムの利用状況

今年度（1995年度）前期のCG室（CG・CAD・CAI教育システムが設置してある教室）の時間割を以下に示す。

月 1 限4M計算機援用設計、	2 限1BG電子計算機、	3・4 限4C造景デザイン実習及び演習
火 1 限1BC電子計算機、	2 限3Cコンピュータグラフィックス、	3・4 限2C電算機工学
水 1 限1BK電子計算機、	2 限3C情報処理演習、	3・4 限1Pプログラミング演習
木 1 限1BA電子計算機、	2 限2BGコンピュータ実習Ⅱ、	3・4 限2BKプログラミング実習Ⅱ
金 1 限3Eコンピュータ・グラフィックス演習、	2・3・4 限4A建築設計製図	
土 1 限2D簿記会計、	2 限2D原価計算	

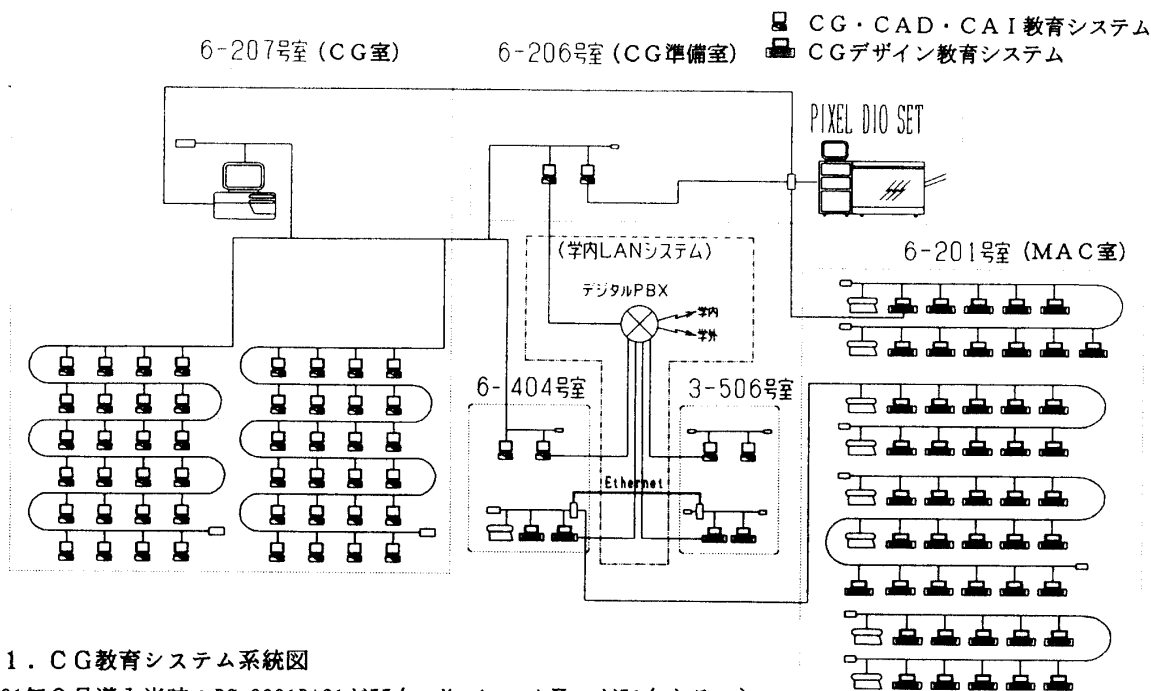


図1. CG教育システム系統図

（1991年3月導入当時：PC-9801RA21が55台、MacintoshⅡcxが51台ある。）

この様に CG 室は、週22コマ全て授業で詰まっております、工学部の殆どの学科（即ち、E電気工学科、M機械工学科、A建設工学科建築学専攻、C同土木工学専攻、P応用理化学科）、及び、工学専修科（BA,BC,BK,BG）、産業デザイン専修（D）で利用されている。そのうちの10コマがCG・CAD関係科目である。後期も週22コマ全て授業で詰まっている。

建設工学科建築学専攻では、パソコン木造建築CADソフト「アーキトレンド（在来工法フルセット）」（福井コンピュータ（株）製）等を用いて、建築設計図面、内観・外観パース等の実習を行う。CAD図面の出力は、CG室に設置してある3台のA1対応8ペンXYプロットFP7100で行う【写真6参照】。このプロットは静電吸着方式のフラット・ベッド型である。ペーパー・ムーブ型（グリップ型）に比べ、高価で、作図速度が遅く、設置面積も大きいという欠点もあるが、紙を広げたままで、ペンがXY方向に動いて図形を描くため、人間の感性に合い、教育的であるという長所がある。実習で作成する図面の出図には、図面の規模により1枚当たり5～20分かかかる。従って、図面の提出締切近くになると、かなりの待ち行列ができ、時間外の教室利用も一部行われる。土木工学専攻では、景観シミュレーションソフト「ダイナパース3」（（株）ダイナウェア製）等を用いて、都市や港湾の景観シミュレーション等の実習を行う。

MAC室では、Macintoshパソコンの特長（マウスによる操作の容易性、CGソフトの優秀性等）を活かした授業が、建築学専攻（Dynapars）、経営工学科（Studio 8, Swivel 3D Professional）、工学専修科コンピュータグラフィックス専攻（Studio 8, MacDrawII, Illustrator）等で行われている。尚、大学のあき時間の一部は本学付属の高校・中学が授業で利用する。MAC室は週22コマの約8割を授業で利用され、残りの時間も卒業研究等で利用される。以上のように、CG室（CG・CAD・CAI教育システム）、MAC室（CGデザイン教育システム）共に教育で有効利用されている。

5. 電気工学科におけるCG教育[7]

5.1 CG及びCAD教育関係のカリキュラム構成

筆者（加藤）が関係する電気工学科電子工学専攻情報処理コースのカリキュラムについて述べる。1年次に「電子計算機概論」（通年、週1コマ＝90分、選択4単位）があり、BASIC等が教えられる。2年次後期に「画像工学概論」（週1コマ、選択2単位）があり、[15]により色彩工学の基礎、画像の情報理論・情報処理・パターン認識・伝送・符号化・通信方式等が教育される。

3年次前期に筆者担当の「コンピュータ・グラフィックス演習」（週1コマ、選択2単位、平成5年度より開講）があり、パソコンを用いて、BASICによるCG実習（プログラミング）と、LANDSAT衛星データの画像処理実習が行われる。尚、CG実習にC言語を使わないのは、C言語は3年次開講の「電子計算機言語II」（通年、週1コマ、選択4単位）で学習するため、時間的に間に合わないからである。又、BASICには多くの長所があり[3]、BASICをCGに応用する場合、高度なテクニックを要求しない限り、非常に見通しよくプログラムを作成できるからである。但し、いわゆるスパゲティ・プログラムは許されない。参考のために、学生便覧に記載されている「コンピュータ・グラフィックス演習」の講義要綱を次に示す。『コンピュータ・グラフィックス（CG）の主要な手法は、平行移動・回転・拡大・縮小・反転などの図形の操作である。この図形の操作を計算機で処理し易い数学的形式で表現したものが変換である。本演習では、2次元CGと3次元CGについて基本的な幾何学的変換や座標変換を述べ、更に3次元CGでは、投影変換・視野変換・曲線と曲面の構成・形状モデル・隠線消去・隠面消去・アニメーション・レイトラシング（光線追跡法）・レンダリング（質感表現）等の理論を示し、又、BASICプログラム等による実習により、CGの理論と実際を習得する。尚、LANDSAT衛星データの画像処理実習も行う。』

3年次後期にCGの一応用分野である「コンピュータ製図」（週1.5コマ、選択1単位）があり、CAD（計算機援用設計）で電気・電子関連の製図を描いている[5]。4年次に「計算機応用演習」（通年、週2コマ、選択4単位）で、CAD/CAEを指向した論理回路設計を行い、実際に製作・実験までを行う[8]。

5.2 コンピュータ・グラフィックス演習の紹介

今年（1995年）前期に筆者が担当した「コンピュータ・グラフィックス演習」（受講者数58名、6号館2階CG室のPC-9801RA21を利用）について紹介する。本演習の目的は、2次元及び3次元CGの各種理論・手法の説明とBASICプログラムによる実習により、CGの理論と実際を習得し、更に、LANDSAT衛星データの画像処理実習により、画像処理の基礎を習得することである。CGの教科書は[9]であるが、[11,12]も参考にしている。[9]はCGの理論と実際（プログラム例）のバランスが良い。画像処理の教科書は[10]であるが、[11,13,14]も参考にしている。[10]の画像処理ソフトはソースプログラムが一部しか明示されていないため、[14]のプログラム例が参考になる。尚、この授業には大学院生のTA（Teaching Assistant：実習助手）が1名つく。

今年の授業日程を以下に示す。

【第1週（4月14日）】 まず、教科書[9,10]の選択理由と内容、授業の進め方（課題は毎週提出させる。提出物は

チェックして次の授業の時返却する等)を説明する。次に、教科書[9]の第1章(コンピュータグラフィックスのハードウェア)から第2章(スキャン変換とソフトウェア体系)の第2.4節(CG関係のBASIC命令)までを講義する。

[第2週(4月21日)] まず、本学の「CG・CAD・CAI教育システム」の「N88-BASIC for CG」の使い方を説明する。これは、N88-BASICをN88SETUPユーティリティで画面ハードコピーをカラーコピーに設定[17]した専用のものであり、通常の「N88-BASIC」とは別のメニュー番号から入る様になっている。

次に、[9]の第2章のプログラム2.1(作図の基礎:直線)をそのまま打ち込ませ、実行させる。但し、プログラムの最初にREM文で、SAVEする時のファイル名、学年学科コース、出席番号、氏名、課題年月日(例えば、PB2-1.BAS 3E4 17 佐伯 佳洋 1995年4月21日(金)課題)を書く様、指示した。又、フロッピーへのSAVE、LOADも行わせる。課題として、実行結果の画面カラーハードコピー(シリアルプリンタPC-PR201Jによる8色表示で、1枚の出力に約5分かかる)とプログラムリストを提出させる。これらにより、学生はこのシステムの使い方をマスターする。

[第3週(4月28日)] [9]のプログラム2.2(点列を結ぶ直線図形)、2.3(多角形の描画)、2.4(円の描画)、2.5(関数形による曲線図形)、2.6(コッホ曲線)を2~3人毎に変形させる。これにより学生は、プログラムを考える様になる。尚、次のことも説明する。①ディスプレイ上での色は、0黒、1青、2赤、3紫、4緑、5水色、6黄、7白であるが、ハードコピーでは0白(無色)、7黒になる。②LINE文で線種類を指定[18]するには、例えば、一点鎖線ならば図2に示す原理により&HFFCCと指定すればよい。

16進表示	F	F	C	C
2進表示	1111	1111	1100	1100
ドット表示	●●●●	●●●●	●●○○	●●○○

図2. 一点鎖線の表示原理

[第4週(5月12日)] [9]の第3章(2次元図形処理:平行移動・回転・拡大・縮小・反転などの幾何学的変換と座標変換、視野変換など) [写真11参照]。課題として、図形や文字の拡大、回転等を5人毎に指示する。

[第5週(5月26日)] [9]の第4章(3次元図形処理:隠線消去・隠面消去) [写真12,13参照]。隠線消去の課題として、三角錐、四角錐、立方体、直方体、五角柱、六角柱を10人毎に与える。隠面消去の課題として、前後2つの物体を並べたものを5人毎に与える。尚、隠線消去の方法として、面の外向き法線ベクトルと視点方向ベクトルの内積をとって、正または零ならその面は可視、負なら不可視と判定する方法を説明する。又、隠面消去の初歩的な方法は、人間が判断して後ろの面から順に色を塗って行けばよい(重ね塗り法)のであるが、より高度な方法として、奥行きソート法に基づくペイント法を説明する。これらの理論は、基本的に文献[19]と同じである。

[第6週(6月2日)] [9]の第5章(曲線と曲面:3次スプライン曲線、2次ベズィエ曲線、Bスプライン曲線、曲面パッチなど) [写真14参照]。3次スプライン曲線は指定点(拘束点)を通るが、2次ベズィエ曲線とBスプライン曲線は一般に指定点を通らない。課題として、自分の好きな絵(魚、鳥、飛行機、船など)を方眼紙に描かせて、指定点の座標を求めさせ、①指定点を直線で結ぶ、②3次スプライン曲線で結ぶ、③2次ベズィエ曲線で結ぶプログラムを作成させる。この課題は比較的簡単であり、学生も楽しみながら、色々と指定点の位置(プログラム中のx,y座標データ)を変えて気に入った図形を描いている。

[第7週(6月9日)] [9]の第7章(アニメーションの手法:中割り法など) [写真15参照]。まず、アニメーションとは基本的に、少しずつ違った絵を連続的に表示させることにより、動画となることを説明し、次に、その少しずつ違った絵を如何にして効率よく作成するかを説明する。即ち、①キーフレームを幾つか定義して、その間を等分割する中割り法、②動きの部分に関数で与える方法、等を説明する。課題として、多角形の変形、文字の変形、顔の変形、魚の遊泳、鳥の飛行、太陽と月が動く風景、その他学生個人の自主課題、等を学生に選ばせる。この課題も学生は喜んで行う。即ち、学生は自分が作成したプログラムにより、ディスプレイ上の映像が動くことに感動する。

尚、課題提出時に、これまでに作成したプログラムの入っているフロッピーも一緒に提出させる。筆者は2HDフロッピー1枚に各学生毎のサブディレクトリを作り、提出者全員のファイルをコピーする。これにより、第11週の期末テストの間1の確認が行える。又、教員側がはっとする様な素晴らしいアイデアのプログラムを見逃すこともなくなる。

[第8週(6月16日)] 教科書[10]の第1章~第7章の重要な所を講義する。又、[20]から抜粋したLANDSAT衛星及びリモートセンシングの解説も行う。次に、配布プリントに基づいて本学の「CG・CAD・CAI教育システム」の「LANDSAT画像処理」の使い方を説明し、処理例として1991年8月14日の雲仙・普賢岳(長崎県)のLANDSAT衛星データに対するプログラム27(フルカラー画像表示)を実習する。このフルカラー画像表示は、1670万色フレームメモリ(サビエンスのスーパーフレーム2Σ)を利用したもので、非常に綺麗である。又、データとして雲仙・普賢岳の火砕流現場を選んであるので、学生は非常に興味を持つ。尚、火砕流とは、火山の噴火の際に高温の軽石や火山灰が空気と混じ

りながら一団となって斜面を高速に流れ下る現象を言う[22]。

【第9週(6月23日)】 【10】のプログラム1(データの読み出し), 2(注記データ表示), 3(ヒストグラム表示), 4(擬似カラー画像表示), 5(シュードカラー画像表示), 6(2値化画像表示), 7(ディザ法カラー画像表示), 8(レベル値階調変換画像表示)から2つを課題として指示する【写真16~20参照】。尚, プログラム4~28の実行に必要なしきい値等の選定は, 全てプログラム3のヒストグラムが基になることを説明する。

【第10週(6月30日)】 【10】のプログラム9(ヒストグラム平坦化画像表示), 10(拡大擬似カラー画像表示), 11(縮小シュードカラー画像表示), 12(ズームシュードカラー画像表示), 13(アフィン変換画像表示), 14(領域のレベル値表示), 15(等レベル線表示), 16(レベル値3次元表示), 17(四則演算画像表示), 18(バンド間演算画像表示)から1つを課題として指示する。但し, 1つの課題で2~5つ処理する。アフィン変換は, 3×3行列を用いて画像の拡大・縮小・反転・せん断・回転・移動を行う座標変換である。尚, 第7週で提出させたフロッピーを返却する。

【第11週(7月3日)】 期末テスト。尚, 問1は, 「CG実習で自分が作成した7つのプログラムに関して, ①理論(原理)等で理解したこと, ②プログラムの考え方, ③理解が容易だった所, ④理解が難しかった所, ⑤凝った所(自慢できる所), ⑥自己評価, ⑦感想, などを記せ。」である。プログラムリストや実行結果の課題提出物(検印済み)は, 持ち込み可である。

【第12週(9月22日)】 【10】のプログラム19(空間フィルタリング画像表示), 20(プリヴィットフィルタ画像表示), 21(ソーベルフィルタ画像表示), 22(エッジ抽出画像表示), 23(メディアンフィルタ画像表示), 24(距離・面積の計算), 25(合成カラー表示), 26(拡大合成カラー表示), 27(フルカラー画像表示), 28(拡大フルカラー画像表示)から1つを課題として指示する。但し, 1つの課題で2つ以上処理する【写真21, 22参照】。

【第13週(9月29日)】 補講(期末テスト返却, 第12週課題返却)。

(授業日程終わり)

第2~7週のCG実習では, 毎週課題(第4週以降は教科書[9]とは違う問題)を与え, その5日後までに課題(プログラムリスト, カラーハードコピー, 必要なら方眼紙に座標等を記入したスケッチ図, 検討・考察)を提出させ, 次の週には採点した物を返却した。プログラム作成に要する時間外実習は毎回0~10時間程度であった。

第8~12週の画像処理実習に用いたLANDSAT衛星データは, RESTEC(財団法人 リモート・センシング技術センター)より購入した3種類の5インチ・フロッピー(場所:雲仙・普賢岳, センサ:TM(Thematic Mapper:セマティック・マッパー))である[10, 20, 21]。即ち, ①1986年5月12日(噴火前), BIL(Band Interleaved by Line)フォーマット, ②1991年8月14日(最初の火砕流発生(5月24日)から3ヶ月後:教科書[10]の口絵図58, 59と同じデータ), BILフォーマット, ③1991年12月4日(最初の火砕流発生から6ヶ月後), BSQ(Band Sequential)フォーマット, である。この3つのデータで, 雲仙・普賢岳の火砕流などの時間的变化[22]が分かる。

米国の地球観測衛星LANDSAT 4, 5号は, TMとMSS(Multi Spectral Scanner:多重スペクトル走査放射計)の2台の観測機器を搭載し, 高度約705kmで地球を毎日約15周して, 地球全体を16日間で観測する。LANDSATは雲仙・普賢岳付近を, 日本時間(UT+9時間)で午前10時頃観測する。図3に示す様に, TMの場合, 観測データは光の波長により7つのバンドに分かれている。光の波長に対する反射強度特性が植物, 土, 水等で違うことを利用して, 種々の画像解析(例えば, 植生分布調査, 湖や河川の汚染調査等)ができる[10, 20]。TMデータフロッピー(2枚で一組)の場合, 画像の大きさは512ピクセル×400ライン(即ち, 地上長で14.5km×11.4km, 地上分解能28.5m)である。各バンドの各ピクセルの数値データ(光の反射・放射の強さ)の値は0~255(即ち, 8bit)である[10, 21]。

画像処理実習課題は, プログラムが同じでも, 指定したバンド等が異なる。従って, 1人ずつ課題が異なる。課題提出物は, ①各プログラムの入力データ, ②実行結果のカラーハードコピー(三菱ビデオ・コピープロセッサSCT-CP200による26万色表示で, 1枚の出力に約3分かかる), ③検討・考察である。時間外実習は毎回0~4時間程度であった。尚, カラーハードコピーに関して, この画像処理ソフト[10]では, シリアルプリンタPC-PR201Jの場合テキスト部分しか取れず, フルカラーイメージプリンタPC-PR801の場合グラフィック部分しか取れないため, その両方が取れ

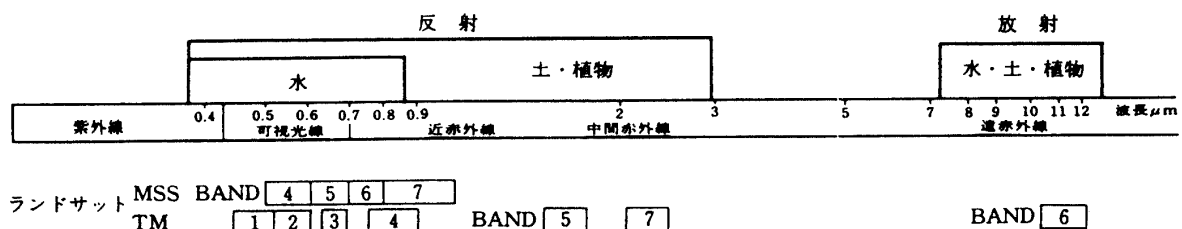


図3. LANDSAT衛星のセンサ(TMとMSS)と地表面での光の反射・放射特性

るSCT-CP200を用いる。

尚、今回の画像処理教育を行う迄の準備状況等は次の様であった。筆者は1989年5月及び7月に京都大学大型計算機センターのFIVIS(IPEX)及びCGMS講習会に参加し、大型ホスト計算機による画像処理及び科学用動画作成を習得した。それを基に、1989～1993年度の卒業研究で、本学設置の富士通大型ホスト計算機M760/20のFIVIS端末と画像処理ソフトIPEX及びPROSID IIを用いて[23,24]、福井県地方のLANDSAT衛星データ(TM, MSS)の画像解析を行った。画像処理および画像解析を授業に取入れることが必要であると認識したが、大型計算機を画像処理の一斉授業で使うのは不可能である。その理由は、本学にはFIVIS端末が1台しか無く、又、ソフトも大規模で、使い方をマスターするのに時間がかかりすぎるからである。1991年末に[10]が発売され、1992年度卒業研究でパソコンによる画像処理を取り上げ、[10]を教科書とすればパソコンによる一斉授業が可能であると判断した。[10]は画像処理ソフトの入ったフロッピー付の本で定価が高い(8240円)ので、出版社と交渉し、電子計算機センターがソフト50セットと本5冊を購入することにより、1993年度より学生にフロッピー無、カバー無の本を安く(3200円)販売して貰うことになった。

今年の「コンピュータ・グラフィックス演習」の授業は13週で終わったが、理想的にはあと3週欲しい。即ち、1週は[9]の第8章(レンダリング:陰影付け、光線追跡法)の実習を行い、もう2週は[10]の実習を細かく分けたい。

6. Macintoshを用いたCG関係卒業研究および修了研究の紹介

筆者担当の授業では、「CGデザイン教育システム」のMacintosh IIcxは、平成3年度に工学専修科全専攻2年の「情報工学」(通年、週1コマ、選択4単位)で試験的に使用(マックドローII, スタジオ8)しただけで、その後使っていないが、卒業研究(電気工学科4年)及び修了研究(工学専修科コンピュータグラフィックス専攻2年)では、学生の希望があれば使っている。CGに関係するものは、「MacroMind Director[25]を用いたアニメーション制作」である。題材としては、次に示す様に童話や物語が多い。何れも音の入った5～10分程度の作品である。

[平成2年度] 雪は生きている(男子学生制作、物語:北杜夫著「ぼくのおじさん」より、新潮文庫、1981年5月発行)

[平成4年度] すてきなさんにんぐみ(女子学生制作、童話)、おじさんのかさ(女子学生制作、童話)、しあわせな王子(男子学生制作、物語)、原子力発電の仕組み(男子学生制作、解説)

[平成5年度] 桃太郎(男子学生制作、お伽話)

尚、卒業論文には、工学部の学生であるから、アニメーション作成の原理や技法等、工学的な事項も書かれている。

7. むすび

本報告では、主に、本学の「CG教育システム」の概要と電気工学科で行われているCG教育について紹介した。特に後者では、3年次開講の「コンピュータ・グラフィックス演習」の授業内容を詳しく紹介した。

CG教育を、限られた時間(全部で15週程度で、1コマ90分の授業)の中で行うには、その教科の基本は何かを考え、何をどの様に教えていくかをよく考える必要がある。本学の情報処理コースの場合、カリキュラム全体の流れの中で、「コンピュータ・グラフィックス演習」では、CGと画像処理の基礎を学生に体得させることを目的として、実習を行っている。殆ど毎週課題を出すので、学生も時間外実習で大変であるが、やればやっただけディスプレイ上に綺麗な結果が出るので、張り合いがある。又、教員側も提出された課題を採点して次の週に返すことは大変であるが、学生にとっては短時間でフィードバックされるので、やる気が持続する。以上により、CGと画像処理の基礎を学生が自主的に学習する様という筆者の願いは、かなり達成されたと思う。

[謝辞] 本システム導入に当たり、多大なる御理解、御支援を賜った金井学園理事の方々に深く感謝する。又、一緒に種々の問題点を解決してきた榊原勝人氏を始めとする三谷商事株式会社の方々に感謝する。

参考文献

- [1] 文部省教育改革実施本部編: 情報化の進展と教育—実践と新たな展開—, ぎょうせい (1990-06)
- [2] (社)私立大学情報教育協会: “平成7年度情報教育問題フォーラム資料”, pp.8-12, 59-60 (1995-07)
- [3] 磯本, 吉根, 山崎, 宮原: “BASICプログラミング教育のための作図教材の活用法とそのデータベース化”, CAI学会誌, vol.11, no.2, pp.86-95 (1994-07)
- [4] 野村, 米田: “高校生を対象としたプログラミング教育の—方法—BASICグラフィックスを用いた自主的プログラム構築—”, CAI学会誌, vol.11, no.2, pp.104-113 (1994-07)
- [5] 加藤芳信: “福井工業大学におけるコンピュータ製図教育”, 第9回全日本教育工学研究協議会北陸大会発表論文集, pp.29-36 (1992-11)
- [6] 加藤, 平野: “福井工業大学におけるCGシステムとCG教育”, 平成5年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論

文集, B-77 (1993-09)

[7] 加藤芳信: “大学におけるコンピュータ・グラフィックス教育の一実践例”, 第14回全日本教育工学研究協議会北陸大会発表論文集, pp.17-24 (1995-08)

[8] 加藤, 平野: “論理回路設計教育へのPLDの適用”, 平成6年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集, B-87 (1994-09)

[9] 峯村吉泰: BASICによるコンピュータグラフィックス, 森北出版 (1990-04)

[10] 坪根治広: パソコンによる人工衛星データの画像処理, 森北出版 (1991-12)

[11] 日本図学会編: CGハンドブック, 森北出版 (1989-05)

[12] 安居院, 中嶋: コンピュータグラフィックス, 昭晃堂 (1992-07)

[13] 安居院, 中嶋: 画像情報処理, 森北出版 (1991-02)

[14] 八木, 井上, 林, 中須, 三谷, 奥井, 鈴木, 金次: C言語で学ぶ実践画像処理, オーム社 (1992-05)

[15] 南・中村: 画像工学, コロナ社 (1989-08)

[16] NEC: MS-DOS™3.3C ユーザーズリファレンスマニュアル, AH061A, 第9,10章 (1990)

[17] NEC: N88-日本語BASIC(86)(MS-DOS版)6.0 ユーザーズマニュアル, GS061P, pp.183-188 (1988)

[18] NEC: N88-日本語BASIC(86)(MS-DOS版)6.0 リファレンスマニュアル, FS0311, pp.137-138 (1988)

[19] 日高一義: “立体図形学習支援ツール・3D-ラボの開発”, 教育システム情報学会誌 (旧CAI学会誌), vol.12, no.2, pp.121-132 (1995-07)

[20] 宇宙開発事業団・地球観測センター: 地球観測データ利用ハンドブック -ランドサット編・改訂版-, (財)リモート・センシング技術センター (1990-10)

[21] (財)リモート・センシング技術センター: MOS-1 MESSR/VTIR ランドサット MSS/TM フロッピーディスク・フォーマット説明書 (1988)

[22] 毎日新聞社: 毎日グラフ別冊: 雲仙・普賢岳全記録 (1992-04)

[23] 加藤, 平野: “福井工業大学におけるCADシステムとCAD教育”, 福井工業大学研究紀要, 第22号, 第一部, pp.47-54 (1992-03)

[24] 加藤, 平野: “教育研究用大型汎用計算機M760/20システム”, 福井工業大学研究紀要, 第25号, 第一部, pp.305-314 (1995-03)

[25] (株)システムソフト: “MacroMind Director日本語版オーバービューマニュアル”, 及び “同スタジオマニュアル” (1990-08)

付録1 参考用に写真を示す。写真11~15, 20, 22の画面は元々カラー表示である。



写真1 CG室での授業風景: NECパソコンPC-9801RA21が49台, プリンタPC-PR201Jが25台, CAD図面出力用A1対応8ペンXYプロッタFP7100が3台, その他CG・CAD・CAI関連機器が設置されている。床は20cm upの導電性カーペット付フリーアクセスである。

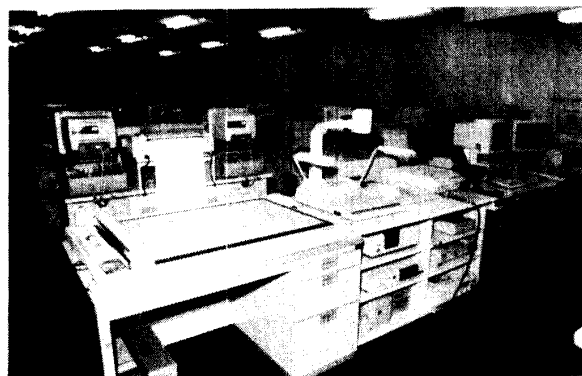


写真2 CG室の教卓の様子: 左机上はFP7100, 中机上は教材提示装置GT-6000, 右机上はFR-1000, PC-9801RA21, PC Semi LA機器, PC-PR201J, PC-PR602PS, 中机下はCG関連機器である。



写真3 CG室の教卓の様子: 左よりフィルムレコーダFR-1000, PC-9801RA21, 外付3.5インチFDD Little F2, PC Semi LA中央装置PCL-603, 同操作ボードOPN-603。

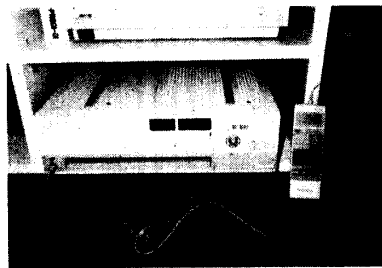


写真4 CG室の教卓の下側にある三菱ビデオ・コピープロセッサSCT-CP200 (A4, 26万色表示)

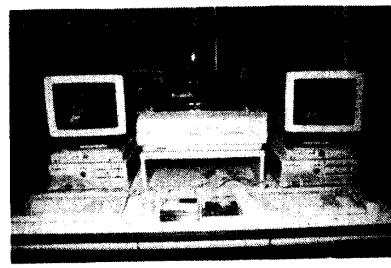


写真5 CG室の学生用机の様子: パソコン2台につきプリンタPC-PR201Jが1台切替SWで繋がっている。ディスプレイの下にPC Semi LA端末DAC-603がある。

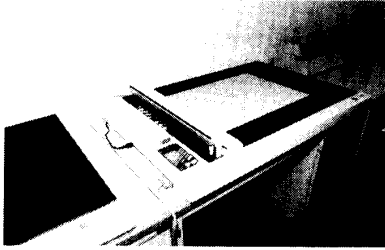


写真6 CG室後方にあるA1対応8ペンXYプロッタFP7100（左）とカッティング・プロッタCAMM-1（右）

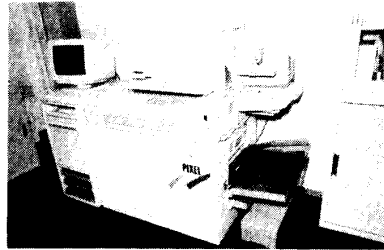


写真7 CG準備室のPixel Dio (IPU付, 1670万色): CG室の教卓のPC-9801RA21, 及び, MAC室の教卓のMacintosh II cxとGP-1Bケーブルで繋がっている。



写真8 MAC室の学生用机の様子: 前方左よりMacintosh II cx, GT-6000, Laser Writer II NTX-J, 後方はQMS Color Script 100 Model 10Jである。

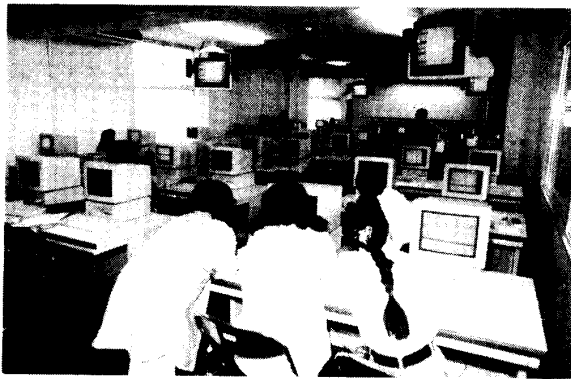


写真9 MAC室での授業風景: アップル社パソコンMacintosh II cxが47台, A4カラーイメージスキャナGT-6000が4台, A4レーザプリンタLaser Writer II NTX-Jが4台, A4カラープリンタQMS Color Script 100 Model 10Jが4台, 天吊の拡大表示用29インチディスプレイが4台設置されている。床は20cm upの導電性カーペット付フリーアクセスである。

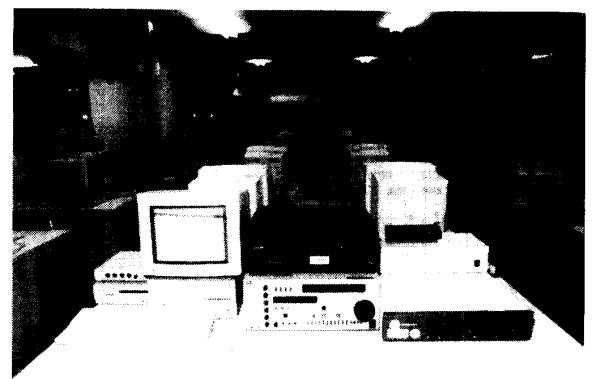


写真10 MAC室の教卓の様子: 左よりCD SC, Macintosh II cx, レーザディスクプレイヤーLD-V800, エディティングレコーダBR-S811, AV切換器, 分配器VPD5401A, リアルタイム・スキャンコンバーター600AX。

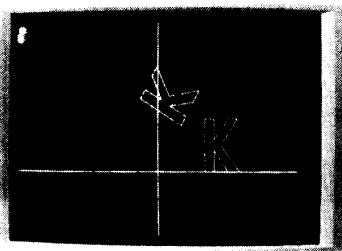


写真11 文字の回転

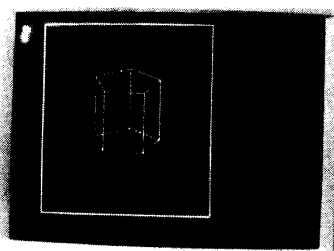


写真12 隠線消去
(五角柱: 隠線は破線表示)

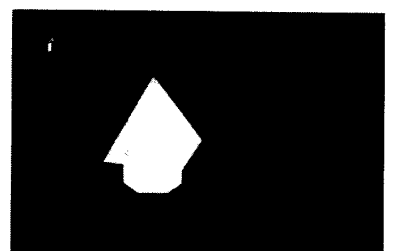


写真13 隠面消去
(前: 六角柱, 後: 四角錐)

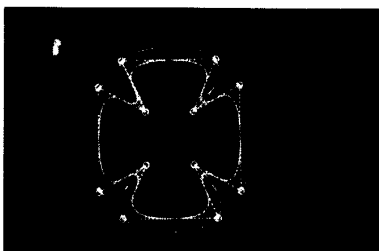


写真14 直線と3次スプライン曲線と2次ベジエ曲線表示のクローバー: 丸印は指定点である。本例では3次スプライン曲線は指定点を通るが, 2次ベジエ曲線は指定点を通らない。

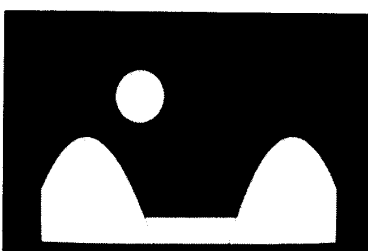


写真15 アニメーション (太陽と月が動く風景): 太陽が左の山から出て右の山に沈む。次に, 月が同様に動く。山と山の間は海である。

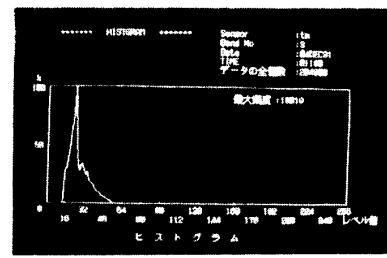
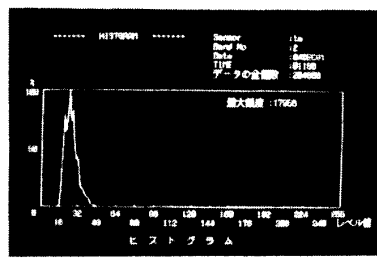
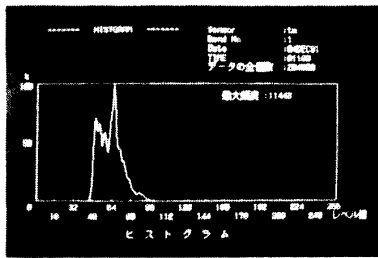


写真16 LANDSAT衛星データ（雲仙・普賢岳，1991年12月4日，TM）のヒストグラム表示：左よりバンド1，2，3

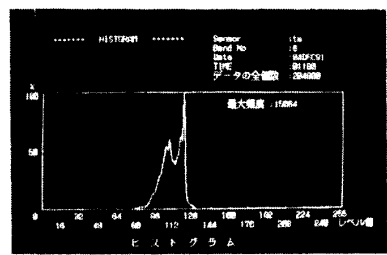
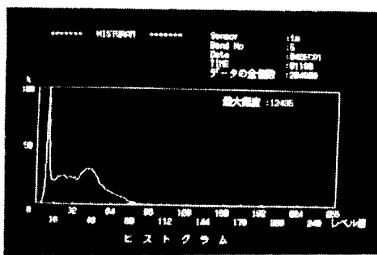
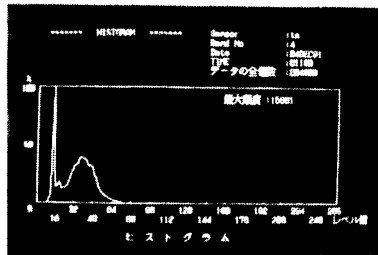
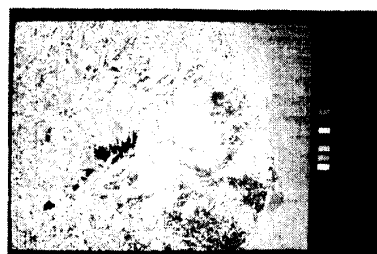
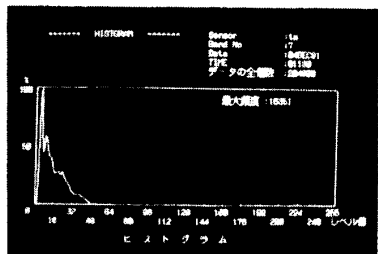


写真17 LANDSAT衛星データ（雲仙・普賢岳，1991年12月4日，TM）のヒストグラム表示：左よりバンド4，5，6



写真19 同バンド4の2値化画像表示：左よりしきい値32，48，64（しきい値より大きい値の部分が白く表示される。）



合成画像を表示しますか？ (y/n) : y

ドライブは (0-4) ? : 0

フォーマットは (bnc or bil) ? : bnc

センサは (tm or mss or mcd) ? : tm

R (赤) バンド番号は (1-7) ? : 3

G (緑) バンド番号は (1-7) ? : 2

B (青) バンド番号は (1-7) ? : 1

よろしいですか？ (y/n) : y

開始ライン番号 (0<=11<=300) ? : 0

終了ライン番号 (11<=12<=300) ? : 300

開始ピクセル番号 (0<=p1<=511) ? : 0

終了ピクセル番号 (p1<=p2<=511) ? : 511

しきい値を決めてください

R (赤) レベル値 (l1, h1) ? : 15, 60

G (緑) レベル値 (l2, h2) ? : 15, 45

B (青) レベル値 (l3, h3) ? : 45, 100

数値はよろしいですか？ (y/n) : y

写真18 同バンド7のヒストグラム表示

写真20 同バンド4の擬似カラー画像表示（8色表示）

写真21 フルカラー（1670万色）画像表示のためのデータ入力の様子

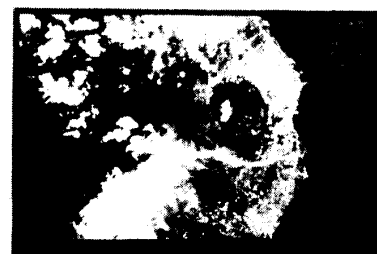


写真22 LANDSAT衛星データのフルカラー画像表示：バンドに記した順で r赤，g緑，b青に割当てられる。r,g,bの値は表示範囲（Low levelとHigh level）である。8月14日の画像で中程から右横に走っているのが火砕流の跡である。
 (左) 1986年5月12日（雲仙・普賢岳，噴火前），センサ=TM，バンド=4,3,2，r=10-150，g=20-100，b=20-80
 (中) 1991年8月14日（同，火砕流発生3ヶ月後），センサ=TM，バンド=3,2,1，r=20-100，g=20-80，b=60-150
 (右) 1991年12月4日（同，火砕流発生6ヶ月後），センサ=TM，バンド=3,2,1，r=15-60，g=15-45，b=45-100

付録2 CG教育システムのハードウェア及びソフトウェア一覧 (1995年12月現在)

1. CG・CAD・CAI教育システムのハードウェア概要

①NEC製32ビットパソコン PC-9801RA21 (MPU:80386) 55台	数値演算プロセッサ 80387 増設RAM 4MB (本体の1.6MBと合わせて計5.6MB)
SCSIハードディスク100MB内蔵 5インチ2HDフロッピー 2基内蔵	
1670万色フルカラーフレームメモリ (スーパーフレーム2S)	
②I4インチャカラーディスプレイ PC-TV455 55台	
③24ドットシリアルプリンタ PC-PR201J 28台	
④ペーजीプリンタ PC-PR802PS (A4,B4,320dpi,※ストリフ対応) 4台	
⑤フルカラーイメージプリンタ PC-PR801 (A4, 160dpi, 26万色) 11台	
⑥カラーイメージスキャナ GT-6000 (A4, 300dpi, 1670万色) 7台	
⑦A1対応8ペンXYプロッタ FP7100 5台	
⑧カッティング・プロッタ CAM-1 2台	
⑨外付け 3.5インチFDD Little F2 1台	
⑩光磁気ディスク PC-00101 (両面600MB) 1台	
⑪フィルムレコーダ (シャガール) FR-1000 1台	
⑫三菱ビデオ・コピープロセッサ SCT-CP200 (A4, 26万色) 1台	
⑬パソコン対応VTR PV-S98 1台	
⑭BRANCH4670 II接続 (通信速度4Mbps) 1式	
⑮ネットワーク型教育システム PC Semi LA (PC-9801RA21 53台, 教材提示装置付) 1式	
⑯PC Semi用モニタ PC-TV455 1台	
⑰キャノン カラーレーザークリア PIXEL Dio (B5-A3, 400dpi, 1670万色, IP付) 1台	
⑱キャノン フロッピーカメラ Q-PC 1台	
⑲ニコン 35mmフィルムスキャナ LS-3500 1台	

2. CG・CAD・CAI教育システムのソフトウェア概要

①OS: MS-DOS Ver.3.38 及び 3.3C 55本	
②NECソフト: N88 BASIC 6.0 IP 55本	
③ N88 BASIC 6.0 CP 及び E-BASIC 各29本	
④ PC-SCAI 及び PC-Angle 各1式	
⑤ Easy Framer 6本	
⑥メガソフトのスクリーン・エディタ: MIFES 55本	
⑦マイクソフトのC言語: Quick C 50本	
⑧森北出版の人工衛星データ画像処理ソフト 50本	
⑨精工コンピュータの木造建築CADソフト: アーキレンド (在来フルセット) 55本	
⑩ダイナウェアの建築・土木景観シミュレーション・ソフト: ダイナベース3 55本	
⑪ダイナウェアの2次元CGデザインソフト: ダイナビックスV (同時12色) 55本	
⑫ダイナウェアの文字デザインソフト: ビックスソフト 55本	
⑬サビエンスの2次元CGソフト: スーパータブロー (1670万色同時表示) 55本	
⑭ 同 (業務用): スーパータブロー・プレミアムDio対応 2本	
⑮サミンググッドのDTPソフト: Page Maker 4本	
⑯オートデスクの2次元・3次元CADソフト: Auto CAD 2K-III 1本	
⑰オートデスクの3次元レンダリングソフト: Auto Shade 1本	
⑱コダクの2次元・3次元CADソフト: CADKEY 1本	
⑲グーアアイのレイ・トレーシング・ソフト: RAY TREX II 1本	
⑳ローランドのCAM-1用ソフト: 字切る博士 1本	

3. CGデザイン教育システムのハードウェア概要

①アップル製32ビットパソコン Macintosh IIcx (MPU:68030) 51台	浮動小数点プロセッサ 68882 RAM 8MB
80MBハードディスク内蔵 3.5インチフロッピー 1基内蔵	
アップル拡張キーボード (カタカナ付)	
②I3インチャカラーディスプレイ Apple (256色表示=8bit) 49台	
③I9インチャカラーディスプレイ RasterOps (256色表示=8bit) 1台	
④I9インチャカラーディスプレイ RasterOps (1670万色表示=24bit) 1台	
⑤アップル CD SC (550MB) 3台	
⑥レーザプリンタ Laser Writer II NTX-J (A4, 300dpi, ※ストリフ対応) 7台	
⑦カラープリンタ QMS Color Script 100 Model 10J (A4, 300dpi, 1670万色) 5台	
⑧カラープリンタ HP Paint Jet (A4, 180dpi, 256色) 1台	
⑨カラーイメージスキャナ GT-6000 + Color Magician III (3 Speed Card付) 7台	
⑩アップルMIDIインターフェース 2台	
⑪Apple Talk (Local Talk)接続 (通信速度230.4Kbps) 1式	
⑫ピクチャー・エディティングレコーダ BR-S811 1台	
⑬パイオニア・マルチメディア対応レーザースタディス・プレッシャー LD-V800 1台	
⑭リアルタイム・スキャンコンバーター RGB VIDEO LINK 600AX 1台	
⑮分配器 Tokyo Electronic Industry VPD5401A 1台	
⑯拡大表示用29インチディスプレイ (天吊り) 三菱 JUN-2951A 4台	

4. CGデザイン教育システムのソフトウェア概要

①OS: 漢字Talk 6.0.7 51本	
②イラストレーションソフト: Adobe Illustrator88 51本	
③ 同: Aldus Free Hand 2本	
④2次元作画ソフト: マックドローII 51本	
⑤8ビットカラービットマップ・グラフィックスソフト: スタジオ8 51本	
⑥ 8,16,24,32-bitカラーグラフィックスソフト: Pixel Paint Professional 1本	
⑦3次元ソリッドモデリングソフト: Swivel 3D Professional 47本	
⑧2Dドラフティング・3DビジュアルCADソフト: Versa CAD 1本	
⑨アニメーション作成ソフト: MacroMind Director 12本	
⑩日本語ワープロ: EG Word 49本	
⑪英文ワープロ: Write Now 5本	
⑫DTPソフト: Aldus Page Maker 51本	
⑬数式記述プロセッサ: Expressionist 2本	
⑭表計算ソフト: ASCII Wingz (3次元グラフ可) 51本	
⑮ 同: Microsoft Excel 2本	
⑯グラフ作成ソフト: Delta Graph 4本	
⑰8ASICインタプリタ/コンパイラ: Microsoft Quick BASIC 51本	
⑱景観シミュレーション・ソフト: Macintosh対応版ダイナベース Ver.E 10本	
⑲PIXEL Dio コントロールソフト: TEXNAL CLC Master 1本	
⑳プロジェクト管理ソフト: マックプロジェクトII 3本	
㉑英語CAIソフト: Mac English 3本	
㉒MIDIシーケンサー: Performer 2本	
㉓スコア作成ソフト: Professional Composer 2本	

(平成7年12月8日受理)